

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Analysis of baryonic matter in a magnetic field from
skyrmion crystal approach

(スカーミオン結晶手法を用いた磁場中でのバリオン物質の解析)

氏 名 川口 眞実也

論 文 内 容 の 要 旨

原子核を構成する核子(陽子・中性子)等のハドロンは、基本粒子であるクォークから作られる。ハドロンの質量生成機構は、クォーク・反クォーク対から成るカイラル凝縮によって引き起こされるカイラル対称性の自発的破れが重要な役割を担うと考えられている。しかし、この質量生成機構を含めた、クォークからハドロンを形成する過程については殆ど解明されておらず、その詳細について新たな理解を得ることはハドロン物理学における重要な課題となっている。

高温・高密度環境下ではカイラル対称性が部分的に回復することが予想されており、それに伴ったハドロンの性質変化は理論的かつ実験的にも調べられている。密度・温度などの外的環境をプローブとしたカイラル対称性の役割に関する研究はハドロン形成過程の非自明・未解決な部分に対して新たな理解を与える手がかりになると期待されている。

近年では、中性子星内部や、重イオン衝突実験などで強い磁場が生成されると期待されており、強磁場中におけるハドロンの性質変化が注目されている。強磁場中のハドロンの性質変化とカイラル対称性の関係や高温・高密度中での磁場の効果など、解明すべき重要な問題が多く存在している。

申請者は、カイラル対称性を尊重してバリオン物質を記述するスカーミオン結晶手法を用いて、磁場中での核物質の変化を解析した。スカーミオン結晶手法では、中間子のみで記述される理論のソリトン解を核子として同定し、その核子を結晶格子状に配列することで核物質が記述される。この手法は、1985年の提唱以来、多くの研究者によって核物質の定性的性質の解析に用いられてきた。その応用例として、高密度物質中で期待

される、空間的非等方なカイラル対称性の自発的破れによって現れる非一様カイラル凝縮相への研究にも利用されてきた。しかし、これまでの先行研究での解析では、磁場の効果は取り入れられていなかった。

申請者はまず、核子1つ当たりのエネルギーの磁場による変化を解析した。先行研究による核子1つのみの孤立系での解析では、弱磁場領域において、磁場の強さに比例してエネルギーが減少することが示されていた。この先行研究の拡張として申請者は、核物質中では核物質特有の多体効果により、あらゆる磁場領域において核子1つ当たりのエネルギーは、磁場の強さの2乗に比例して増加することを示した。

申請者はまた、高密度核物質の相構造に対する磁場の効果についても解析した。スカーミオン結晶手法では、高密度領域で核物質の結晶構造が変化し「ハーフ・スカーミオン相」と呼ばれる相へ相転移する。この相ではカイラル凝縮が空間的に非一様であるが、その空間平均はゼロになることが知られている。申請者は、通常相からハーフ・スカーミオン相への相転移が磁場の効果によって阻害され、相転移密度が高くなることを示した。さらに、磁場による結晶構造の変形についても解析した。通常相では磁場によってバリオン1つ当たりの形が球体から楕円体へのわずかな変化であるが、ハーフ・スカーミオン相では結晶構造が大きく変形されることを示した。

申請者は更に、カイラル凝縮の空間的非一様性への磁場の影響についても調べた。スカーミオン結晶の通常相が実現する低密度領域では、非一様なカイラル凝縮が磁場によって、より空間的非等方な傾向になることを示した。一方、高密度領域中でのハーフ・スカーミオン相では非一様なカイラル凝縮への磁場の影響は殆どないことがわかった。

申請者は以上のように、磁場・密度中でのハドロンの性質変化とカイラル対称性の関係についてスカーミオン結晶手法を用いて解析を行った。特に、磁場によるスカーミオン結晶の変形と非一様カイラル凝縮への磁場の影響については、特殊環境下でのカイラル対称性への新たな理解に繋がることを指摘した。

